Réaliser une enquête par questionnaires : un outil didactique pour la statistique inférentielle à l'Université

JEAN-CLAUDE ORIOL

Centre d'Etudes, de Recherche et de Recherche-Action (CERRAL)
IUT LUMIERE
160 BD DE L'UNIVERSITE 69676 BRON CEDEX

Doctorant en didactique de la statistique
École Doctorale ECLIPS Université Lyon 2

Jean-Claude.Oriol@univ-lyon2.fr ou jeanclaudeoriol@aol.com
http://iut.univ-lyon2.fr

***Résumé*— L'IUT Lumière fonctionne en alternance avec un système permettant aux étudiants d'effectuer un stage de 7 semaines en première année puis une alternance effective en deuxième année dans les quatre départements STID, OGP, GLT et GEA ; dans ce dernier, l'enseignement de la statistique inférentielle se déroule au cours de la deuxième année entre les périodes passées en entreprise par les étudiants.**
Cette formation en alternance, riche en expériences pour les étudiants, oblige à un renouvellement des pratiques pédagogiques universitaires. Dans cette perspective, nous avons mis en œuvre une situation didactique placée en fin du cours de statistique inférentielle fondée sur la pratique réflexive d'enquêtes par questionnaires réalisées par les étudiants eux-mêmes selon des modalités précises.
Nous nous proposons d'exposer cette expérience didactique en donnant les fondements épistémologiques, les contraintes didactiques, les stratégies pédagogiques intégrant l'auto-évaluation et l'autocorrection (Régnier, 1983, 2000a, 2000b), ainsi que la méthode pour construire nos données et les premiers résultats obtenus dans le cadre de cette ingénierie didactique.

***Mots clés*— statistique, enquête par questionnaires, didactique de la statistique, champs conceptuels, alternance.**

I. APPROCHE EPISTEMOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Si l'on se penche sur l'origine du mot « enquête » on trouve (Le Robert, 2001) que l'origine de ce mot provient en effet du début du XIIe, « enqueste » du latin populaire « inquæsita », du latin classique « inquisita », ayant comme substantif « inquirere » qui signifie « chercher à découvrir ».
De la polysémie, inhérente à tout terme aux racines riches, donnant au mot enquête diverses acceptions aux résonances plus ou moins brutales (inquisition par exemple), on distinguera son sens en rapport avec la recherche scientifique, mais aussi le lien syntaxique et sémantique qu'il tisse entre cette dernière et la pratique de recherche au sens du tâtonnement expérimental de l'apprenant (Régnier, 1988).
Cette pratique de recherche est souvent au centre de situations-problèmes considérées comme une condition nécessaire à une véritable appropriation des savoirs.

Un grand nombre d'enseignants chargés de cours de statistique à l'université confient une enquête par questionnaire à leurs étudiants, ce travail donnant lieu à une évaluation en contrepoint de contrôles somme toute assez traditionnels. Qu'est-ce qui motive les enseignants à utiliser l'enquête par questionnaire comme appui à l'enseignement et comme outil d'évaluation en complément de l'ensemble cours magistral et travaux dirigés ? Sans doute retrouvent-ils dans cette dualité la double nature de la statistique et/ou des statistiques ; ces dernières auraient comme objet de présenter des résultats, la statistique ayant elle, le statut d'une science.
Ce constat s'accorde avec le propos de Colin Ronan pour qui d'une part *« les statistiques débutèrent au XVIIe siècle, lorsqu'une série de relevés de noyades ayant abouti à la mort fut effectuée à Londres, en 1662, par John Graunt et William Petty »* (Ronan,1988, p. 604), et qui d'autre part souligne que les travaux de Quételet, Poisson, Galton et Pearson fondèrent la statistique : « *Nommé professeur de mathématiques au University College en 1884 il [Pearson] accepta en 1911 la chaire fondée par Galton et l'occupa avec distinction pendant les vingt-deux années qui suivirent, posant les solides fondations mathématiques de toute la science statistique du XXe siècle…* » (Ronan, 1988, p. 608)
Ce n'est ici qu'un cas particulier du mouvement qui accompagne la construction d'une science ainsi que le souligne Michel Serres dans «éléments d'histoire des sciences » (Serres, 1989) : c'est dans le passage de la table (des observations) à la loi que se construit une science ; les exemples sont nombreux et les noms sont célèbres Newton et la gravitation, Berthollet et Lavoisier et l'affinité en chimie, Galilée et le mouvement des planètes, Mendeleïev et le classement périodique des éléments, etc.

Par ailleurs, lorsque l'on considère les ouvrages d'histoire des mathématiques, ils ne citent, la plupart du temps, que "Calcul de probabilités" ou parfois "statistique mathématique" dans leurs index : ainsi l'Abrégé d'histoire des mathématiques (Dieudonné, 1978, p. 277) ne parle-t-il pas de statistique.

Les statisticiens partagent eux aussi l'idée de cette dualité, ainsi A. Quételet écrit dans une lettre intitulée « La statistique

est-elle un art ou une science » au Duc de Saxe-Cobourg et Gotha (Droesbeke, 1997, p.5) *« …toutes les sciences d'observation, à leurs débuts, ont subit les mêmes phases ; c'était des arts, car elles se bornaient à grouper d'une manière plus ou moins heureuse des collections de faits appartenant à un même ordre des choses ; et c'est par le rapprochement et l'étude de ces faits qu'elles se sont élevées ensuite au rang où on les voit briller aujourd'hui. ».*

On voit encore cette double perspective dans l'enseignement de la statistique : d'un côté les tenants d'une approche liée à l'épistémologie historique de cette science et privilégiant les études de cas, le terrain, etc., de l'autre les partisans d'une approche plus formelle faisant généralement précéder les statistiques du calcul des probabilités. On peut remarquer pour la statistique les mêmes interrogations que celles d'André Revuz pour les mathématiques (Revuz A, 1980, p. 142) comme de *« ne pas massacrer les mathématiques au nom des applications, [et] ne pas négliger ces applications au nom d'une pureté mal comprise ».*

Toutefois ici, nous n'interviendrons pas dans ce débat, dans la mesure où nous considérons la pratique de la statistique comme un élément fondamental de l'enseignement et de l'apprentissage cette discipline.

Dans un premier temps nous nous limiterons à décrire un travail d'enquête par questionnaire réalisé par des étudiants. Nous nous attacherons aux conditions de sa réalisation, à sa place dans le cours de statistique de deuxième année du DUT GEA ; nous essayerons de comprendre comment le travail d'enquête a permis la construction de la connaissance de l'apprenant, a donné du sens à ses apprentissages et a augmenté sa capacité à utiliser les outils statistiques dans son insertion professionnelle.

Dans un second temps, nous analyserons les obstacles liés à cette stratégie pédagogique, ramenant enfin notre propos dans le temps et dans l'espace des apprentissages : quelles sont les statistiques que l'on voudrait que soient capables de manipuler nos étudiants, et avec quel dessein, à l'issue du DUT GEA.

II. LE CADRE THEORIQUE

A. De l'alternance en formation

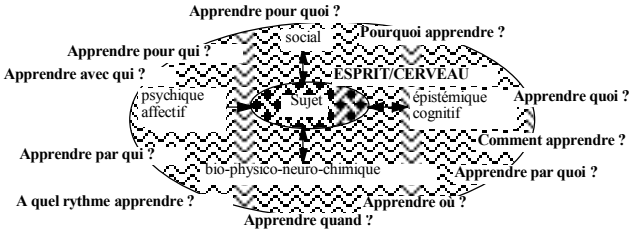
1) L'alternance à l'IUT Lumière

Depuis sa création en 1992 l'IUT Lumière est le seul IUT à former ses étudiants complètement en alternance. Cette formation est ainsi construite : en première année les étudiants suivent un stage de sept semaines dans une entreprise pendant la période avril-mai, la deuxième année est réellement en alternance donnant lieu à la signature d'un contrat d'apprentissage (deux systèmes sont en place en GEA selon l'option choisie en deuxième année par les étudiants 2 jours + 3 jours, 7 semaines + 7 semaines, une autre gestion du temps, à savoir 15 jours à l'IUT + 15 jours en entreprise se pratique dans les trois autres départements). Dans tous les cas la surcharge horaire nous oblige à finir l'année en septembre (jurys et délivrance des diplômes). Cette forme est désignée par "système 1+1" . On trouvera des compléments détaillés sur l'organisation des cursus dans une communication de Paul Rousset, directeur de l'IUT depuis sa création (Rousset, 1997), et plus particulièrement sur le département GEA dans un article d'Isabelle Barth (Barth, 2001) qui a dirigé le département GEA pendant plusieurs années.

2) Approche taxinomique de l'alternance

Bien entendu l'alternance est considérée a priori comme un levier qui favorise les apprentissages mais c'est également un poids ; on trouvera une mise en perspective de cette pratique pédagogique chez de nombreux auteurs (Malglaive, Weber, 1982) ou (Combes, 1996). Avant d'aller plus avant il convient sans doute de faire un point sur cette notion d'alternance. Ainsi J-C Régnier (Régnier, 2000a) souligne déjà dans le titre de son article *« Des évidences de la formation en alternance qui posent questions »* l'angle sous lequel il aborde ce sujet.

L'auteur de l'article approche la notion d'alternance en formation par l'entrée des apprentissages qu'il représente par le schéma suivant :



(Régnier, 2000a, p. 44)

Cette approche permet à l'auteur de distinguer 4 types d'alternance dans le domaine de la formation :

l'alternance juxtapositive	*l'alternance déductive*	*l'alternance inductive*	*l'alternance intégrative*
le sujet en formation construit ses compétences à partir des connaissances formalisées acquises à l'école parallèlement aux connaissances pratiques acquises sur le terrain professionnel	l'acquisition des connaissances pratiques est le résultat de la mise en œuvre des connaissances formalisées acquises à l'école	l'acquisition des connaissances formalisées est le résultat de la généralisation des connaissances pratiques acquises sur le terrain professionnel	le sujet en formation construit ses compétences dans un **lent** processus dynamique impliquant inter-activement des connaissances formalisées acquises à l'école et des connaissances pratiques acquises sur le terrain professionnel

(Régnier, 2000a, p. 48)

D'autres taxinomies sont possibles, par exemple en se référant à une approche plus institutionnelle, Antoine, Grootaers, et Tilman (Antoine F., Grootaers D., Tilman F., 1988) distinguent quatre formes d'alternance :

- l'alternance fusion : SF (situations de formation) et SP (situations de production) ont lieu sur le même site. L'école impose sa logique (de formation) et l'entreprise impose sa logique (de production) aux apprenants, le lien est uniquement géographique.
- l'alternance juxtaposition : il n'y a pas de communication entre les problèmes rencontrés par l'apprenant en SF et/ou en SP.

- l'alternance complémentarité : les SF et SP ont les mêmes objectifs.
- l'alternance articulation : liaisons systématiques entre SF et SP, il existe un lien structurel

Ce classement est repris par Françoise Raynal et Alain Reunier dans l'article *« pédagogie de l'alternance »* (Raynal F., Reunier A., 1997, p. 226).

On le voit, en dehors des effets innovants propres à toute différenciation pédagogique, l'alternance ne peut, à elle seule porter le poids symbolique des apprentissages.

La mécanique « alternance » est plus complexe qu'il n'y paraît à la lecture d'un simple emploi du temps. Si cette complexité n'est pas prise en compte en tant que telle, elle donnera lieu à différents symptômes parmi lesquels on peut citer :

- la mise en place de procédures compliquées, cette complication donnant naissance à de la complicité entre ceux qui savent « se mouvoir » dans le système.
- la poursuite des innovations perpétuelles, ce qui peut permettre de ne pas se poser de questions.

3) La place des tuteurs

Un autre problème que l'on rencontre dans cette situation concerne la formation des tuteurs, moniteurs, maîtres de stages ou accompagnateurs, qui souvent se résume à un minimum (faute de temps et/ou de moyens). Cette interrogation est aussi bien celle de JC Régnier (Régnier, 2000a) que de Antoine, Grootaers, et Tilman (Antoine F., Grootaers D., Tilman F., 1988, p. 71) ; ces derniers précisent les qualités en ces termes *« Trois critères d'égale importance devraient influencer le choix d'un tuteur :*

- *sa maîtrise professionnelle*
- *sa motivation*
- *ses capacités relationnelles et pédagogiques. »*

B. Au champ conceptuel

La vision de l'alternance en rapport avec les apprentissages nous permet de rebondir sur la question fondamentale : « Comment apprenons-nous » ?

Gérard Vergnaud (1991 p.135) donne une réponse qui nous semble convenir au travail des apprentissages de la statistique en définissant la théorie des champs conceptuels : *« La théorie des champs conceptuels est une théorie cognitiviste, qui vise à fournir un cadre cohérent et quelques principes de base pour l'étude du développement et l'apprentissage des compétences complexes, notamment celles qui relèvent des sciences et des techniques.(...) [et] pour la compréhension des filiations et des ruptures entre connaissances ».*

La conceptualisation, élément central de l'apprentissage, prend appui sur la notion de concept, qui *« est un triplet de trois ensembles* : »

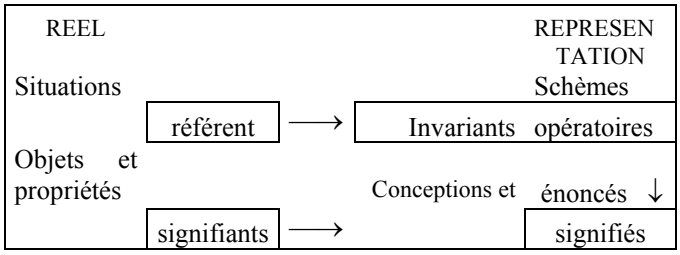
- « *l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence), »*
- *« l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationalité des schèmes (le signifié) »*
- *« ..l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les procédures de traitement (le signifiant) »* (Vergnaud, 1991).

.

Suivons G. Vergnaud (1994, p. 180) qui pour affiner « *progressivement la définition d'un schème*,..[dit]… *d'abord que c'est une totalité dynamique fonctionnelle, c'est- à-dire quelque chose qui fonctionne comme une unité ; en second lieu que c'est une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données (l'algorithme est un cas particulier du schème) ; et en troisième lieu qu'un schème est composé de quatre catégories d'éléments :*

- *des buts, intentions et anticipations ;*
- *des règles d'action*
- *des invariants opératoires*
- *des possibilités d'inférences en situation. »*

Mais G. Vergnaud est revenu sur ce qu'il appelle lui-même le « triangle des linguistes » (Vergnaud, 1994, p. 189-190) pour le transformer ainsi :



Rappelons enfin que pour G. Vergnaud un champ conceptuel est un ensemble de situations renvoyant à l'idée de procédure.

III. FAIRE REALISER UN TRAVAIL D'ENQUETE PAR LES ETUDIANTS

A. Introduction

L'expérience des années précédentes nous avait montré un désintérêt certain chez quelques étudiants pour les séances consacrées à cet enseignement. En accord avec la direction du département nous avons décidé que les étudiants (par groupes de quatre) seraient chargés en fin de cursus de faire une enquête par questionnaires.

B. L'organisation de l'enseignement de la statistique dans le département GEA

Ce temps passé en entreprise est à géométrie variable entre première et deuxième année ; il a conduit l'équipe enseignante à donner des poids différents aux cours de statistique dans chacune des années.

En première année une quarantaine d'heures est consacrée à l'étude de la statistique descriptive ; cet enseignement donne lieu à deux contrôles (devoirs individuels sur table) et à une évaluation sous la forme d'une enquête concentrée sur plusieurs disciplines (communication, marketing, statistique, etc.) et réalisée en groupes.

En deuxième année, seize heures sont consacrées à travailler sur les notions de lois de probabilités, d'échantillonnages, d'estimations, d'intervalles de confiance.

C. Mise en place du travail d'enquête par questionnaires

Par rapport aux emplois du temps (très chargés) des étudiants, nous ne pouvions envisager un travail d'enquête par questionnaires aussi lourd que dans d'autres contextes, comme celui, par exemple, de la statistique en première année GLT (Gestion Logistique et Transport) dont on pourra consulter un compte rendu dans (Le Nir M., Oriol JC, 2000).

Nous avons donc pris le parti de consacrer, à la fin du cours, quatre heures (une matinée ou une après-midi) à cette activité d'enquête par questionnaires.

En voici le déroulement :

Consignes données aux étudiants (ils sont regroupés par groupes de 4 au maximum)

Phase 1
- déterminer une question (ou plusieurs),
- déterminer la population de votre étude,
- [venir faire valider votre projet auprès de l'enseignant]

Phase 2
- Construire un questionnaire en prévoyant le traitement futur.
- [venir faire valider votre questionnaire auprès de l'enseignant]

Phase 3
- Taper votre questionnaire sous un traitement de texte
- Déterminer votre mode de travail : combien de questionnaires à faire passer, quelles procédures, etc.
- [venir faire valider ce travail auprès de l'enseignant]

Phase 4
- faire passer le questionnaire
- saisir les données à l'aide d'un tableur
- [dialogues avec l'enseignant par rapport aux premières hypothèses avancées]

Phase 5 (à finir en dehors de la séance de 4 heures)
- écrire un rapport (environ dix pages) concernant cette étude et le rendre à une date précise.
- [ce rapport donnera lieu à une évaluation et à une note]

D. Quelques sujets

Les sujets étaient librement choisis par les étudiants (seulement soumis à l'approbation du professeur). Nous n'avons jamais eu à refuser un sujet mais seulement à faire préciser la question que les étudiants posaient.

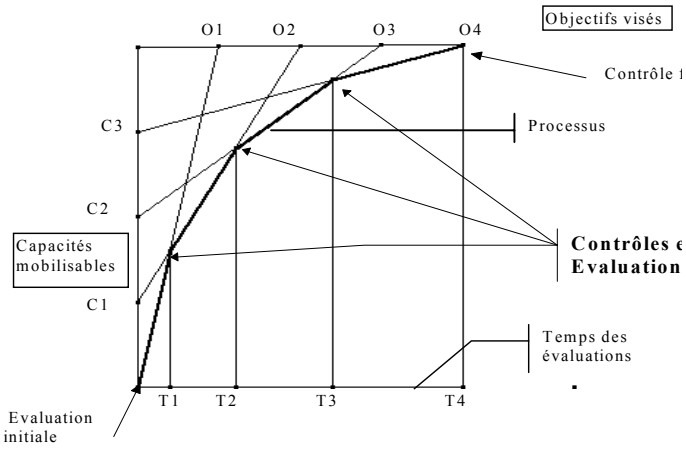
Parmi les nombreux sujets trouvés en voici quelques-uns :

1. Quelle est la part du budget des étudiants accordée aux vacances et quelles sont leurs destinations ?
2. Comportement des étudiants par rapport au sport et les influences que celui-ci exerce sur cette population.
3. Que font les étudiants de leur temps libre ?
4. Influence des médias sur les choix politiques
5. Quelle est la distribution du budget global mensuel suivant les postes logement, transport, alimentation, sport et loisirs, habillement [de la population des étudiants de Lyon 2]
6. Origine et répartition du budget des étudiants de Lyon2.
7. Mode de transport des étudiants de Lyon2 en rapport avec diverses variables : sexe, budget, etc.
8. Influence de l'âge sur le mode d'habitation
9. Pratique d'un sport et tabagisme (étudiants de Lyon2)
10. La typologie du vacancier [étudiant de l'université Lyon2]
11. Les étudiants et le sport
12. Les étudiants et les discothèques
13. Qui sont les étudiants de l'UTLumière ?
14. Impact de la distribution d'un quotidien gratuit (Métro)
15. Etc.

Remarques immédiates :
- Population étudiée : pour des raisons de commodité la population étudiée est celle de l'université Lyon2 et quelquefois celle de l'IUT Lumière.
- Types de sujets : nous pouvons remarquer qu'il y a eu très peu d'enquêtes ayant la politique comme sujet et aucun sujet sur la santé.
- L'anticipation concernant le traitement des données est pratiquement toujours présent.
- Le questionnement sur les types de variables envisagées n'est présent qu'une fois sur deux environ.
- La maîtrise de l'outil traitement de textes est largement suffisante.
- La maîtrise du tableur est plutôt bonne.
- Beaucoup de groupes prévoient d'interroger plus de personnes que nécessaire afin d'avoir un peu de marge.
- Peu de groupes s'interrogent sur la possibilité de données aberrantes
- Quelques groupes s'inquiètent de ne pas avoir dans leur échantillon 50% de garçons (en fait la population des étudiants de Lyon2 est composée d'une forte majorité d'étudiantes…)

E. Parcours d'apprentissage

Ces temps de dialogues entre un groupe de 4 étudiants et l'enseignant sont des moments d'évaluation qui leur permettent de se fixer de nouveaux objectifs donnant à leur parcours d'apprentissage une forme déjà explicitée (Oriol, 1999) et que l'on peut représenter ainsi :



Parcours d'apprentissage (Oriol,1999)

Dans cette représentation forcément discutable du parcours d'apprentissage on peut cependant faire quelques remarques : les moments indiqués par les points « Contrôles et évaluation » sont des moments extrêmement importants ; en effet, à chaque étape les objectifs se sont déplacés. Le contrôle permet de faire le point dans le temps et dans l'espace de l'apprentissage, l'évaluation de se fixer des nouveaux objectifs, de nouvelles directions, de prendre conscience du chemin parcouru (du processus).

C'est par cette vision cinétique du parcours que l'apprenant peut avancer en face des obstacles. On trouvera dans (Oriol, 1999) un morphogénèse des parcours d'apprentissage.

F. L'utilisation d'exercices auto corrigés

Afin de ne pas diminuer le nombre d'exercices étudiés par rapport aux années précédentes nous avons utilisé des documents auto-correctifs et auto-évaluatifs (Régnier, 1994) qui a renforcé l'autonomie des étudiants par rapport aux apprentissages. Il existe quatre livrets qui sont structurés de la façon suivante :
- Une présentation
- Quelques objectifs spécifiques
- Un mode d'emploi
- Quelques éléments d'histoire de la statistique
- Des propos généraux sur la notion abordée
- Plusieurs documents de travail comportant

- une situation problème
- un traitement (à faire)
- une grille d'auto-évaluation
- une feuille (à remplir) d'analyse personnelle des erreurs commises
- un corrigé du traitement des données.

La principale difficulté réside dans la motivation des apprenants.

.

IV. Conclusion

Favorisant la pratique de production des apprenants ce travail d'enquête par questionnaires renforce, pour les étudiants, les signifiants, mais aussi les signifiés, à l'intérieur de même de la « situation de formation ».

Obligés de construire leurs propres énoncés, de travailler dans des situations ouvertes, les apprenants s'approprient plus aisément les schèmes qui sont convoqués dans l'apprentissage de la statistique.

Dans cette activité, ils travaillent à la fois par rapport à l'éthique du sens et à celle de la norme, organisant les concepts (statistiques) ; et l'on peut supposer que les sujets ont ainsi construit des compétences pouvant être, plus facilement et plus immédiatement, investies sur le terrain professionnel.

On peut raisonnablement penser comme G. Bachelard "*…[qu'] en établissant à propos de chaque notion une échelle de concepts, en montrant comment un concept en a produit un autre, s'est lié avec un autre. Alors il aura quelque chance de mesurer une efficacité épistémologique. Aussitôt la pensée scientifique apparaîtra comme une difficulté vaincue*." (Bachelard, 1938, p. 18).

C'est une observation scientifique du travail d'enquête par questionnaires faits par les étudiants, qui nous donnera des indications précieuses sur les obstacles que rencontrent les étudiants dans l'apprentissage de la statistique et sur les concepts mis en oeuvre ; ce travail nous permettra d'apporter une pierre à la construction de la didactique de la statistique et au passage de répondre à la question liminaire « de quoi sont capables nos étudiants tant sur le terrain de la statistique que sur celui de la statistique de terrain ? ».

V. References

[1] Antoine F., Grootaers D., Tilman F., (1988), Manuel de la formation en alternance, Lyon, Chronique sociale : Bruxelles, Vie ouvrière.

[2] Bachelard G., (1938), La formation de l'esprit scientifique, Vrin.

[3] Barth I., (2001), « L'utilisation de la situation de travail dans la formation d'un cursus diplômant, cas du DUT GEA de l'IUT Lumière », Deuxième rencontre des acteurs de la formation technologique d'Europe et d'Amérique Latine, Pointe à Pitre.

[4] Bourbaki N., (1984), Eléments d'histoire des mathématiques, Masson, Paris, 376 p.

[5] Combes M.-C., (1996), coordination de L'alternance : enjeux et débats, Paris, La documentation française.

[6] Dieudonné J., (1978), (sous la direction de), Abrégé d'histoire des mathématiques, Hermann, tome 1 392 p. et tome 2 472 p.

[7] Droesbeke J.-J. et Tassi Ph., (1975), Histoire de la statistique, PUF.

[8] Le Nir M., Oriol JC, (2000), L'enquête : élément central de l'enseignement de statistique en première année GLT in CNR'IUT 2000 Recherche et innovation, Presses Universitaires d'Orléans, pages 157 à 169.

[9] Oriol J-C, (1999), "L'évaluation en alternance", in Actes du colloque sur l'alternance, IUT Lumière, Lyon.

[10] Malglaive G., Weber A., (1982), « Théorie et pratique : approche critique de l'alternance en pédagogie », Revue française de pédagogie, n°61, pp. 17-27.

[11] Raynal F., Reunier A., (1997), Pédagogie : dictionnaire des concepts clés, ESF Editeur, Paris, 408 p.

[12] Régnier, JC, (1983) *Étude didactique d'un test autocorrectif en trigonométrie,* Strasbourg : IREM-Université L Pasteur, Tome 1 : 307 pp, Tome 2 : 171 p Thèse de doctorat de 3ème cycle en didactique des mathématiques

[13] Régnier, JC, (1988) Étude didactique d'une méthode d'apprentissage fondé sur le tâtonnement expérimental de l'apprenant, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives,* séminaire de Didactique des Mathématiques de Strasbourg , pp 255-279

[14] Régnier, JC, (1994), Statistique documents auto-correctifs et auto-évaluatifs d'aide à l'apprentissage, ISPEF, Université Lyon2.

[15] Régnier, JC, (2000a) L'alternance: des évidences (en) aux questions. *Forum, revue de la recherche en travail social*, n°93, pp 38-47 ISSN 0988.6486

[16] Régnier, JC, (2000b) Auto-évaluation et autocorrection dans l'enseignement des mathématiques et de la statistique. *Note de synthèse pour l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Marc Bloch (13 décembre 2000)* 240 p.

[17] Revuz A., (1980), Est-il impossible d'enseigner les mathématiques ?, Puf.

[18] Ronan C., (1988), Histoire mondiale des sciences, Seuil, 704 p.

[19] Rousset P., (1997), «L'IUT Lumière : une expérience d'IUT en alternance», communication présentée dans l'atelier formations professionnelles du secteur tertiaire et alternance aux journées d'études sur la professionnalisation dans l'enseignement supérieur.

[20] Serres M, (1989), Eléments d'histoire des sciences, Bordas.

[21] Vergnaud, G., (1991) La théorie des champs conceptuels, Recherches en Didactique des mathématiques, 10/2.3, pp. 133-169.

[22] Vergnaud, G., (1994) Le rôle de l 'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel, in M. Artigues, R. Gras, C. Laborde, P. Tavignot (EDS), Vingt ans de didactiques des mathématiques en France, Grenoble, La Pensée Sauvage Editeurs, pp. 177-191.